

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
OPE – ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE EMPRESA (ASPECTOS
TÉCNICOS, JURÍDICOS Y ECONÓMICOS EN PRODUCCIÓN)

Sistemas Avanzados de Producción · Enunciados de Prácticas 2016
[Máster Universitario en Ingeniería de Organización (240MUEO)]

Joaquín Bautista-Valhondo
(ETSEIB-UPC)

OPE-PROTHIUS – OPE-MSc.2016/36 240EO316 (20160220)



PROTHIUS
Càtedra Organització Industrial

<http://futur.upc.edu/OPE>

<http://www.prothius.com>

ENUNCIADO 01.A: PLANIFICACIÓN. CASO MATDENT

La dirección de MATDENT, dedicada a la investigación de nuevos materiales y a la fabricación de instrumental para la fabricación de prótesis dentales a partir de resinas poliméricas, está en fase de fijar el plan de producción, en la sección de instrumental avanzado de la empresa, para el próximo año. El plan tentativo debe contemplar un horizonte de 12 meses, teniendo en cuenta las previsiones de venta y los días laborables de cada mes.

Los datos de RRHH y Comercial son:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días Lab.	21	18	20	19	21	20	18	5	19	20	20	19
Demanda	100	200	200	300	300	650	500	550	350	350	100	150

Además, para elaborar un plan se requieren los datos facilitados por Planificación y Control de Producción; éstos son

Tasa de producción en horas normales	12 unidades/día
Tasa de producción en horas extraordinarias	10 unidades/día
Coste de producción en horas normales	100 um/unidad
Coste de producción en horas extraordinarias	200 um/unidad
Stock de seguridad	10% de la demanda mensual
Stock inicial	100 unidades
Coste de exceso de stock	20 um/unidad_mes
Coste de defecto de stock	50 um/unidad_mes

Con esta información:

- Proponga 4 planes tentativos, indicando las ventajas e inconvenientes de adoptar cada uno de ellos en función de tres criterios: (1) costes globales, (2) costes de ruptura y posesión de stock, y (3) regularidad en la producción.
- Plantee un modelo matemático con función multi-objetivo para resolver el problema.

ENUNCIADO 01.B: PLANIFICACIÓN. CASO CHRISTMAS STAR · EPISODIO II

La Compañía CHRISTMAS STAR tiene una planta en MEADOW-ON-THAMES que embotella cerveza a partir del mosto producido en otros establecimientos de la misma compañía instalados en lugares cercanos y transportados mediante camiones cisterna. CHRISTMAS STAR fabrica dos productos básicos: cerveza rubia (MELCHIOR), y cerveza negra (BALTHASAR). Las dos variedades se embotellan en recipientes de formas diferentes. En el establecimiento de MEADOWS-ON-THAMES el cuello de botella de la producción es el envasado, puesto que nunca hay problemas con el aprovisionamiento del líquido o de los recipientes, ni con la distribución.

Los medios fundamentales para la operación de envasado son dos trenes de envasado de la marcas ALBERT y DENIS respectivamente. Cualquiera de los dos tipos de cerveza, MELCHIOR y BALTHASAR, puede envasarse en cualquiera de los dos trenes. La producción de botellas de BALTHASAR es más lenta en cualquiera de los dos trenes debido a la forma de la botella. Las tasas máximas diarias de producción (cajas/día) en un turno de trabajo y los rendimientos marginales de los trenes de envasado (um/día) por turno a tasa máxima se recogen en la Tabla 1.

	MELCHIOR	BALTHASAR
ALBERT	450 cajas/día · 7500 um/día	300 cajas/día · 7500 um/día
DENIS	500 cajas/día · 8250 um/día	400 cajas/día · 9000 um/día

Tabla 1: Tasas de producción (cajas/día) y rendimientos marginales diarios (um/día) en Christmas Star.

La planificación de las plantas de envasado de CHRISTMAS STAR suele hacerse cada mes, con tiempo suficiente para programar los aprovisionamientos de mosto. Circunstancialmente, la mayoría de los empleados toman sus vacaciones en julio y agosto, por lo que en esta ocasión hay que combinar el plan de producción y el plan de vacaciones conjuntamente.

Por cuestiones de mantenimiento, en julio y agosto hay unos días disponibles para envasar en cada tren tal como se recoge en la Tabla 2. Además, a causa de las vacaciones, los trenes sólo podrán estar activos en conjunto 80 días durante estos meses. En cuanto a la demanda estimada (cajas) para julio y agosto, puede consultarse la Tabla 2.

CAPACIDAD (DÍAS)	JULIO	AGOSTO
ALBERT	27 días	27 días
DENIS	26 días	26 días
DEMANDA (CAJAS)	JULIO	AGOSTO
MELCHIOR	9500 cajas	11000 cajas
BALTHASAR	9000 cajas	10000 cajas

Tabla 2: Capacidad máxima (días) y demandas (cajas) para julio y agosto en Christmas Star.

Atendiendo a los stocks, el coste de posesión se valora en el 10% mensual del rendimiento marginal por caja, mientras que diferir la demanda cuesta 15 veces más. Además, se cuenta con un almacén que puede albergar adicionalmente 500 cajas, pero sólo durante el mes de julio ya que estará inoperativo en agosto.

En tales condiciones:

- a. Establezca un plan de producción para julio y agosto que maximice el rendimiento de la planta teniendo en cuenta también los costes de gestión de stocks.
- b. En caso de obtener una solución con demanda insatisfecha diferida en el punto (a), determine el coste de este concepto y la capacidad de un almacén adicional que posibilite satisfacer más demanda. Calcule, si procede, el coste de posesión que estaría dispuesto a pagar por dicho almacén.
- c. En caso de obtener una solución en el punto anterior con demanda diferida, contemple la posibilidad de abrir un segundo turno de trabajo con idénticas características al primero, y determine, si procede, la compensación económica en horas extra que estaría dispuesto a ofrecer.

Otra planta envasadora de CHRISTMAS STAR nos solicita el envasado de 5000 cajas de cerveza especial JASPER con fecha de entrega a finales de agosto. JASPER sólo puede ser embotellada por el tren DENIS, a tasa máxima de 400 cajas/día por turno y con rendimiento marginal de 30 um/caja.

Ante la oferta JASPER y teniendo en cuenta las medidas establecidas en los puntos (b) y (c) para incrementar la capacidad de la planta de MEADOW-ON-THAMES:

- d. Establezca un plan de producción para julio y agosto que maximice el rendimiento global de dicha planta.

ENUNCIADO 01.C: PLANIFICACIÓN. CASO CARCASAS-1

Una empresa fabrica carcasas de dos tipos: nylon y fibra de vidrio. Durante los próximos tres meses, la empresa se ha comprometido a suministrar sus productos de la forma siguiente:

Fecha de entrega	Demanda según tipo de carcasa (unidades):	
	Nylon	Fibra de vidrio
30 de Junio	4000	1000
31 de Julio	8000	5000
31 de Agosto	3000	5000

La empresa dispone de tres tipos de prensa: ALDEBARÁN, BERENICE y CASIOPEA, y de los moldes apropiados para producir las carcasas. Las capacidades de producción de las prensas, medidas en horas de producción según su tipo y durante el mes, se muestran en la tabla siguiente:

Mes	Capacidad según tipo de prensa (horas de producción):		
	ALDEBARÁN	BERENICE	CASIOPEA
Junio	700	700	800
Julio	300	200	200
Agosto	400	300	600

Los tiempos de proceso para cada tipo de carcasa según el tipo de prensa, expresados en horas requeridas por unidad producida, son las siguientes:

Carcasa	Tiempo de proceso unitario por tipo de carcasa y prensa (horas)		
	ALDEBARÁN	BERENICE	CASIOPEA
Nylon	0.15	0.16	0.14
Fibra de Vidrio	0.12	0.14	0.13

Cuando se producen carcasas de nylon, los costes variables de producción de las prensas son de 1500, 1000 y 1250 um/hora para ALDEBARÁN, BERENICE y CASIOPEA, respectivamente. Fabricar carcasas de fibra de vidrio tiene un coste adicional de 500 um/hora en cualquier tipo de prensa. El coste de poseer inventario es de 1 um/unidad_día. Si no es posible servir a tiempo, la penalización es tres veces el coste de posesión. Si no es posible satisfacer la demanda global de los tres meses, se puede contratar el trabajo a otra empresa, que pide 300 um por una carcasa de cualquier tipo, incluyendo el transporte a planta. El stock inicial es de 1000 unidades de cada tipo de carcasa, y se desea que al final de agosto haya un nivel de existencias que doble al inicial.

En tales condiciones:

- Proponga un plan de producción saturando las prensas según el orden de sus costes variables de producción y evalúe el coste de dicho plan.
- Idem apartado (a), siguiendo el orden de los tiempos de proceso unitarios.
- Discuta sobre los puntos fuertes y débiles de los planes propuestos en (a) y (b).
- Formule un programa lineal para el problema y resuélvalo.

ENUNCIADO 01.D: PLANIFICACIÓN. CASO FREGADEROS

Una empresa fabrica fregaderos industriales de dos tipos: polietileno y fibra de vidrio. Durante los próximos tres meses se ha comprometido a suministrar sus productos de la forma siguiente:

Fecha de entrega	Demanda según tipo de fregadero (unidades):	
	Polietileno	Fibra de vidrio
31 de Enero	5000	1000
28 de Febrero	6000	4000
31 de Marzo	4000	6000

La empresa dispone de dos tipos de prensa, las máquinas Abner y la máquinas Brown, y de los moldes apropiados que deben utilizarse para producir estos fregaderos, con las siguientes horas de producción disponibles durante los próximos meses :

Mes	Máquinas Abner	Máquinas Brown
Enero	900	1400
Febrero	200	300
Marzo	900	500

Los tiempos de proceso para cada tipo de fregadero según el tipo de prensa, expresados en horas requeridas por unidad producida, son las siguientes:

Fregadero	Máquinas Abner	Máquinas Brown
Polietileno	0.15	0.16
Fibra de vidrio	0.12	0.14

Los costes variables de producción de fregaderos (prensas) son 675 um.por hora de operación, independientemente del tipo de máquina utilizada o del tipo de fregadero producido. El coste de mantener inventario de fregaderos es de 13.5 um por fregadero y mes; en caso de no poder satisfacer a tiempo la demanda por falta de capacidad, los costes de diferir durante un mes un fregadero de polietileno o uno de fibra de vidrio se evalúa en 900 y 1200 um, respectivamente. Los costes de material son 418.5 um por unidad para los fregaderos de polietileno y de 526.5 um por unidad para los de fibra de vidrio. Los coste de acabado, empaquetado y envío son de 31.05 um por fregadero. Los fregaderos se venden a los precios de 945 u.m. por unidad los de polietileno, y 1215 um por unidad los de fibra de vidrio.

En tales condiciones :

- Plantee y resuelva un PL que optimice los costes de gestión de la empresa.
- En caso de obtener una solución no posible. Dé una solución factible rectificando el escenario.
- Qué ocurre si se reducen las horas disponibles de las máquinas Brown en un 15 %?
- Haga el mismo tratamiento con la máquina Abner.

ENUNCIADO 01.E: PLANIFICACIÓN. CASO CARCASAS-2 · IMPLOSIÓN

El presente caso corresponde a una implosión de productos en función de la disponibilidad de materias primas. Para resolver el caso siga las siguientes instrucciones:

1. Seleccione los datos recogidos en el Enunciado 01.C que considere necesarios para realizar la implosión (tipos de producto y de prensas, demandas, tiempos de proceso, costes, capacidades y status de stock, etc.).
2. Considere que el margen económico conseguido por cada unidad de cada producto - carcasa de nylon y carcasa de fibra de vidrio - es igual al 30% de sus respectivos costes medios de fabricación.
3. Considere que la fabricación de una carcasa de nylon requiere una unidad de materia prima (ump) de nylon y, análogamente, que la fabricación de una carcasa de fibra de vidrio requiere una ump de fibra de vidrio.
4. Considere que la disponibilidad de materias primas (nylon y fibra de vidrio) durante los meses de junio, julio y agosto es la que se recoge en la tabla anexa:

Mes	Unidades disponibles de materia prima (ump):	
	Nylon (MP)	Fibra de vidrio (MP)
Junio	4500	1000
Julio	7000	4000
Agosto	3500	4000

En tales condiciones:

- a. Proponga un plan de producción saturando las prensas y consumiendo materia prima según el orden de los márgenes económicos de los productos y evalúe el coste de dicho plan.
- b. Formule un programa lineal para el problema y resuélvalo.
- c. Determine las unidades de materia prima que adicionalmente le harían falta para satisfacer la demanda y lo que estaría dispuesto a pagar por cada unidad a un proveedor eventual de nylon y de fibra de vidrio.

ENUNCIADO 01.F: PLANIFICACIÓN. CASO ENVASADOS LÁCTEOS 3-2-2-3

Una empresa elabora y distribuye 3 familias de productos lácteos: A, B y C. La empresa adquiere la materia prima (mp) de 2 fuentes, F1 y F2, cuyas disponibilidades son $3 \cdot 10^5$ y $5 \cdot 10^5$ uv/año (unidades de volumen al año) y sus costes unitarios iguales a 1.2 y 1.0 um, respectivamente.

Los productos son elaborados en 2 plantas de envasado, E1 y E2. La planta E1 es capaz de tratar $3 \cdot 10^5$ uv/año de materia prima, mientras que la capacidad de E2 es $4 \cdot 10^5$ uv/año. En la planta E1, la relación producto/mp es 1/1.2 para A, 1/1.1 para B y 1/1.5 para C; mientras que en E2 dichos rendimientos volumétricos son: 1/1.5, 1/1.1 y 1/1.2. Los costes unitarios de fabricación son función del tipo de producto y de la planta, tal como se muestra en la tabla adjunta:

Mes	Costes unitarios de fabricación producto-planta (um)		
	Producto A	Producto B	Producto C
Planta E1	2	4	6
Planta E2	1	3	5

Los productos finales se envían a 3 centros de distribución regionales, M1, M2 y M3, donde se concentra la demanda. Las demandas previstas, por producto y centro, para el próximo año son las que siguen:

Mes	Demanda anual por producto y centro (miles de unidades)		
	Producto A	Producto B	Producto C
Centro M1	40	90	20
Centro M2	30	50	70
Centro M3	80	10	60

Los costes de transporte de materia prima se evalúan en 1.0 um/uv y 100 km. Transportar el producto acabado cuesta justamente el doble. Las distancias, en cientos de km, entre fuentes, fábricas y centros de distribución, atendiendo a las rutas más seguras y aconsejables, se recogen en la tabla siguiente:

	F1	F2	E1	E2	M1	M2	M3
F1	0	-	1	-	3	4	-
F2	-	0	-	1	-	3	3
E1	1	-	0	-	-	-	5
E2	-	1	-	0	5	-	-
M1	3	-	-	5	0	-	-
M2	4	3	-	-	-	0	-
M3	-	3	5	-	-	-	0

En tales condiciones:

- Formule un programa lineal para el problema y resuélvalo.
- Proponga alternativas ante un incremento lineal de la demanda del 40% a dos años vista?

ENUNCIADO 02.A: PLANIFICACIÓN. CASO MATDENT-2 · DESAGREGACIÓN

La dirección de MATDENT desea fijar un plan de producción anual para su familia de productos F1 compuesta por 3 artículos: MD.1, MD.2 y MD.3. El plan debe contemplar un horizonte de 12 meses, teniendo en cuenta las previsiones de venta de los 3 artículos y los días laborables de cada mes.

Los datos de RRHH y Comercial son:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días Lab.	21	18	20	19	21	20	18	5	19	20	20	19
Demanda MD.1	20	40	40	60	60	130	100	110	70	70	20	30
Demanda MD.2	40	50	70	120	120	210	220	200	200	140	60	70
Demanda MD.3	40	110	90	120	120	310	180	240	80	140	20	50
Demanda F1	100	200	200	300	300	650	500	550	350	350	100	150

Además, para elaborar un plan se requieren los datos facilitados por Planificación y Control de Producción; éstos son

Tasa de producción en horas normales	12 unidades/día (u/día)
Tasa de producción en horas extraordinarias	10 unidades/día (u/día)
Coste de producción en horas normales	150 (MD.1), 100 (MD.2) y 75 (MD.3) um/u
Coste de producción en horas extraordinarias	240 (MD.1), 200 (MD.2) y 180 (MD.3) um/u
Stock de seguridad	10% de la demanda mensual para MD 1, 2 y 3
Stock inicial	100 MD.1, 50 MD.2 y 50 MD.3
Coste de exceso de stock	20 um/u_mes para MD 1, 2 y 3
Coste de defecto de stock	50 um/u_mes para MD 1, 2 y 3

Con esta información:

- Establezca un plan de producción agregado para F1 con mínimo coste de gestión (producción más exceso de stock más defecto de stock).
- Establezca un plan de producción detallado para los artículos MD.1, MD.2 y MD.3, a partir del plan establecido en (a), mediante una desagregación de la familia en sus productos que sea proporcional al mix de la demanda en la medida de lo posible.

ENUNCIADO 02.B: PLANIFICACIÓN. CASO (2x8)+(4)-2 · DESAGREGACIÓN

La empresa del caso (2x8)+(4) desea fijar un plan de producción anual para su familia de productos F1 compuesta por 3 artículos: A, B y C. El plan debe contemplar un horizonte de 12 meses, teniendo en cuenta las previsiones de venta de los 3 artículos y los días laborables de cada mes.

Los datos disponibles son:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días Lab.	21	20	21	20	22	20	22	5	20	22	22	20
Demanda A	64	66	70	76	76	84	80	44	60	70	60	50
Demanda B	40	50	70	120	120	210	220	100	200	140	60	70
Demanda C	216	214	210	184	184	126	100	76	40	140	180	130
Demanda F1	320	330	350	380	380	420	400	220	300	350	300	250

La empresa trabaja a dos turnos de 8 horas cada uno. Puede, si es necesario, realizar horas extraordinarias hasta un máximo de 4 horas, abriendo el tercer turno los días laborables y dejando el resto del tiempo para labores de mantenimiento. La productividad es 1 Tm por hora de trabajo en cualquier turno.

El stock previsto para finales de diciembre del presente año es de 50 Tm de cada producto (A, B, y C). El departamento de producción compensa la variabilidad de la demanda mediante un stock de seguridad igual al 10% de la demanda de cada mes, siendo posible emplear la producción de un mes para atender a la demanda de dicho mes.

Los costes de producir una Tm en horas normales son iguales a 30000, 22000 y 14000 um, para A, B y C, respectivamente. Dichos costes se doblan si se recurre a la producción en las horas extra. Almacenar una Tm de producto durante un mes supone un coste de 2000 um, mientras que un retraso en la entrega cuesta el triple, independientemente del tipo de producto en ambos casos.

En tales condiciones:

- Establezca un plan de producción agregado para F1 con mínimo coste de gestión (producción más exceso de stock más defecto de stock).
- Establezca un plan de producción detallado para los artículos A, B y C, a partir del plan establecido en (a), mediante una desagregación de la familia en sus tres productos que sea proporcional al mix de la demanda en la medida de lo posible.

ENUNCIADO 03.A: EQUILIBRADO DE LÍNEAS. CASO LAS 40 TAREAS

En una línea de producción se monta un tipo de máquina herramienta mediante la ejecución de 40 tareas cuyos datos se muestran en la tabla adjunta.

TAREA	PRECEDENTES	TIEMPO (s.)	TAREA	PRECEDENTES	TIEMPO (s.)
1	-	5	21	15,17	3
2	-	4	22	18	8
3	-	6	23	19	9
4	-	7	24	20	5
5	-	3	25	18,20	4
6	-	8	26	19,21	6
7	-	9	27	22	3
8	1	5	28	23	7
9	2	4	29	24	5
10	3,4	3	30	17,25	4
11	4,5,6	7	31	18,26	7
12	7	6	32	27	5
13	8	10	33	28	4
14	9,10,11	7	34	29	8
15	6,10	5	35	30	7
16	7,11	6	36	31	9
17	8,12	8	37	32,33	7
18	13	3	38	34,35	5
19	14	4	39	36	6
20	15,16	6	40	36	4

Con los datos disponibles:

- Diseñe dos líneas de montaje: una que permita fabricar 60 máquinas/hora y otra 120. Indique las tareas que se realizan en cada estación y los tiempos muertos en cada estación, en ambos casos. Calcule las eficiencias de sus diseños.
- Diseñe dos líneas de montaje: una con 4 estaciones de trabajo y otra con 6. Indique las tareas que se realizan en cada estación, los tiempos muertos en cada estación y la producción horaria máxima, en ambos casos. Calcule las eficiencias de sus diseños.

ENUNCIADO 03.B: EQUILIBRADO DE LÍNEAS. CASO LOS 3 PRODUCTOS

Un taller debe diseñar un sistema productivo que se dedicará a la elaboración de tres productos: P1, P2 y P3. Los datos disponibles después de definir los métodos, realizar un estudio de tiempos con prototipos (tareas, precedentes inmediatas, y tiempos medidos en segundos por tarea, producto y operario) se muestran en la tabla adjunta.

TAREA	PREC.	P1 TIEMPO	P2 TIEMPO	P3 TIEMPO
A	-	50	60	30
B	-	50	50	30
C	-	50	40	50
D	A	80	-	30
E	A	-	90	-
F	B	40	20	40
G	C	50	20	-
H	C	-	-	80
I	D,E,F,G,H	80	10	10

La jornada anual pactada es de 1640 horas en régimen de un turno diario de 8 horas; en este tiempo hay que satisfacer una demanda conjunta de 123.000 unidades (homogénea en el tiempo) con un mix de producción del 20% para P1, 30% para P2 y 50% para P3.

Para alcanzar la producción requerida se barajan dos posibles sistemas:

1. Una única línea de productos mixtos, para la que, con posterioridad al diseño, deberá tenerse en cuenta la secuenciación de unidades.
2. Tres líneas especializadas: una para cada producto.

En tales condiciones:

- a. Determine el tiempo de ciclo, el número mínimo de estaciones teórico y la eficiencia máxima ideal, para las cuatro líneas (las tres singulares y la mixta).
- b. Diseñe los dos sistemas productivo propuestos, indicando, para cada uno, el número de operarios requerido, las tareas que realiza cada operario y el tiempo anual improductivo en cada sistema.
- c. Reduzca, si es posible, los ciclos en ambos sistemas manteniendo las plantillas halladas en el punto anterior. Indique las nuevas producciones diarias alcanzables.
- d. Establezca una secuencia de unidades para el primer sistema con objeto de regularizar las cargas de trabajo.
- e. Comente las ventajas e inconvenientes en ambos sistemas, bajo la óptica de distintos criterios y aspectos (distribución en planta, fiabilidad del sistema productivo, costes de mantenimiento, necesidades de mano de obra, etc.)

ENUNCIADO 03.C: EQUILIBRADO DE LÍNEAS. CASO HJ – LAS 4X40 TAREAS

La empresa HJ desea equilibrar una de las líneas mixtas de montaje de su factoría. En la tabla 1 se muestra los datos siguientes: código de actividad, sucesores inmediatos y tiempos, en segundos, de las cuatro familias de vehículos (atendiendo a los tiempos requeridos por cada tarea) que se montan en la línea.

TAREA	SIG.	T1	T2	T3	T4	RZ	TAREA	SIG.	T1	T2	T3	T4	RZ
1	2	30	25	10	20	*	21	26,27,28	10	10	15	20	*
2	3,4	50	25	25	25	*	22	29	15	10	20	10	I
3	5,6	60	25	70	45	D	23	29	15	10	15	15	I
4	7	70	25	15	95	*	24	30	10	10	20	15	*
5	12	35	20	50	15	D	25	34	50	60	50	60	*
6	8,9	35	55	60	20	D	26	31	80	90	60	60	*
7	9,11	55	45	40	50	*	27	32	75	75	100	60	I
8	10	85	90	45	70	D	28	32	80	80	100	100	*
9	10	12	40	80	100	*	29	33	10	0	0	0	*
10	13	12	100	80	40	*	30	34	5	5	5	5	*
11	13,14,15	12	40	80	100	I	31	37	10	5	10	5	*
12	16,17	12	100	80	40	*	32	35,37	5	10	5	10	*
13	17,18,19	60	60	60	60	I	33	36	80	100	70	90	*
14	19	60	60	60	60	I	34	36,37	90	100	70	90	*
15	21	60	60	60	60	*	35	38	90	100	70	90	D
16	22	60	60	60	60	*	36	39	80	100	70	90	*
17	20	5	10	15	5	D	37	40	10	5	10	5	*
18	20	5	5	15	15	D	38	40	5	5	5	5	D
19	21	5	5	20	20	I	39	-	10	10	10	10	*
20	22,23,24,25	5	5	25	10	D	40	-	20	20	20	20	D

Tabla-1: Datos Línea HJ – 4 F

Algunas operaciones se pueden realizar por cualquier lado de la línea (*), otras presentan restricciones de zona: unas se deben realizar por el lado izquierdo (I), y otras por el derecho (D).

La línea se debe equilibrar en función del mix de producción vigente en cada momento. A lo largo de un año, el mix puede presentar 6 modalidades (A, B, C, D, E y F), una por bimestre.

Las alternativas de mix de producción (en tanto por ciento) son las siguientes:

MIX A: 20, 20, 20, 40	MIX C: 20, 40, 20, 20	MIX B: 20, 20, 40, 20
MIX D: 40, 20, 20, 20	MIX F: 25, 25, 25, 25	MIX E: 10, 40, 40, 10

Diseñe líneas de montaje, para cada mix de producción, con el propósito de conseguir una producción de 240 vehículos/turno (8 horas/turno), empleando el menor número de estaciones de trabajo.